

## CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA VÁLIDO PARA EL ESTUDIO INTEGRADO DEL OASIS DE FIGUIG

Eduardo Seva Román<sup>1</sup> Joaquín Martín Martín<sup>1</sup> y Antonio Pastor-Lopez<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, FiguiG constituye un típico ejemplo del funcionamiento de un sistema hidro-agrícola tradicional de primer orden. En concreto FiguiG, traduce a la perfección el aislamiento de estos sistemas, en la faceta física, biológica y geopolítica, ya que se halla en el extremo sudoriental de Marruecos, a escasos dos kilómetros de la frontera argelina.

Pertenece a una serie de espacios oasisanos que se alinean bajo la franja mediterránea del Magreb, en el contacto con el bioma desértico, entre el bioclima árido y el hiperárido, probablemente como consecuencia de circunstancias geológicas en la estratigrafía regional cuyo resultado ha sido la existencia de ciertas surgencias de agua fósil con punto de recarga por precisar, agua confinada entre capas impermeables y que afloran desde hace mucho tiempo en dichos lugares; prueba de ello son los estratos de travertino que afloran en las inmediaciones del talud que separa los dos grandes espacios de este oasis como veremos más adelante (Gautiuer, 1905, 1917; Bencherifa & Popp, 1990) .

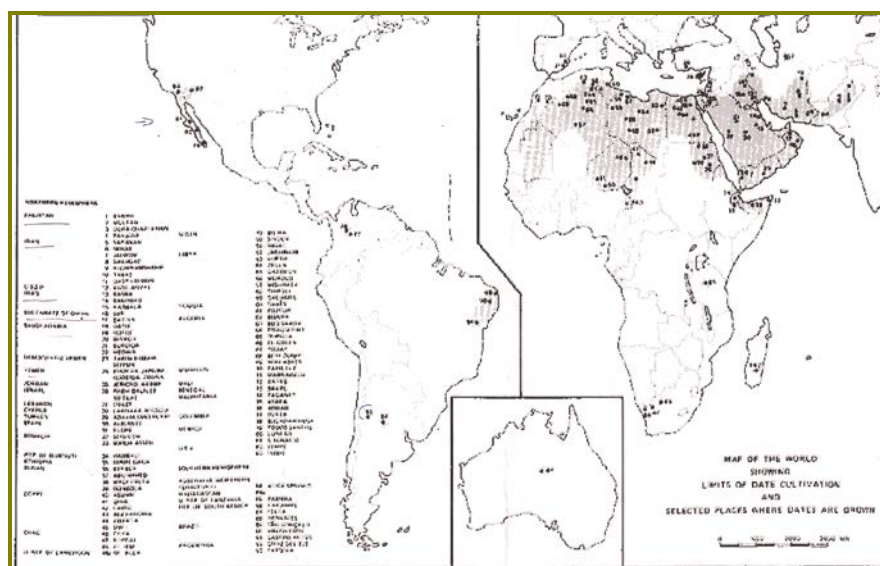


Fig.1. Distribución a nivel mundial de los principales espacios oasisanos

Como consecuencia de la intervención humana en los espacios de afloramiento hídrico, surgen los llamados oasis, en un escenario que otros capítulos de este libro ya

<sup>1</sup> Departamento de Ecología. IMEM. Universidad de Alicante

se han encargado de poner de manifiesto. En ellos, el aislamiento y las buenas prácticas agrícolas configuran unos espacios de importancia más que relevante desde todos los puntos de vista, siendo la sinergia de actuaciones lo que pone en valor estas manchas en un territorio más que hostil en los climas desérticos (El Jalami, 2011).

Figuig es, quizás, un caso especial: nunca se ha publicado tanto de un oasis y nunca ha servido de tan poco lo publicado hasta ahora ya que se ha trabajado en áreas inconexas y nunca se ha abordado un proyecto integral para estudiar y resolver aquellas cuestiones que ahora los oasis plantean (Guillot & Del, 2011).

La idea de este trabajo nace de un encuentro en la Tribuna del Agua, en el marco de la Exposición Universal de Zaragoza en 2008, dedicada por entero al agua. Es el II Congreso Internacional sobre Oasis y Turismo Sostenible. Al hilo de esta iniciativa se han conseguido dos proyectos de cooperación de la Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID) titulado y numerado como A/017048/08 -PLAN PARA LA CONSERVACIÓN DEL OASIS DE FIGUIG (S.E. MARRUECOS) Y ANÁLISIS PARA SU RECUPERACIÓN SOSTENIBLE.

Los objetivos que se marcaron fueron los siguientes, a un plazo de dos anualidades:

1. Elaboración de un catálogo exhaustivo de las actividades agrícolas y cartografía de las mismas.
2. Estado de salud y de integridad de las masas de palmeras que constituyen los huertos de Figuig (epidemiografía del insecto picudo rojo y de enfermedades fúngicas).
3. Repercusión del tamaño del huerto y del reparto demanial sobre la diversidad biológica de las parcelas y sobre el oasis en su conjunto.
4. Calidades y cantidades del recurso agua en las actividades agrícolas.
5. Catálogo de artes, oficios, utensilios, arte y cultura susceptibles de pérdida a medio y largo plazo. Medidas que se sugieren para la protección del patrimonio.
6. Identificación de los actores, componentes, recursos y riesgos que han de intervenir para futuros planes de conservación e implantación de nuevas actividades como el turismo sostenible.

Se elaborará, en principio, un SIG (Sistema de Información Geográfica) que permita la introducción de cuanta información sobre el medio natural, agrícola y etnográfico que se va a recolectar en el transcurso del proyecto. Este tipo de actuación previa facilita el cotejo y el solapamiento de distintas capas de información georreferenciada y permite la salida de información sintética en formato visualmente atractivo

La distancia a la que se encuentra la población de Figuig, los presupuestos y la disponibilidad de los cooperantes involucrados, hacían imposible más de una campaña al año.

## ZONA DE ESTUDIO

El oasis de Figuig está situado a unos 400 Km de la costa del Mediterráneo por el meridiano de Oujda y es uno de los oasis habitados desde antiguo en la franja septentrional del Sahara. La altura media en esta meseta es de 890 m.s.n.m. La superficie que ocupa el oasis es de unas 600-700 ha y están dedicadas casi en exclusividad a la producción de dátiles. El clima es sahariano, con temperatura mínima media en Enero de 3.8°C y media máxima en Julio de 41.3°C (El Hachemi, 2012).

Bajo el dosel de las palmeras datileras con un total de más de 16 variedades, se sitúa un segundo estrato de árboles frutales de diversa índole y donde abundan los olivos, higueras y granados; por último, bajo la sombra de todos ellos hay cultivos de primor herbáceos de la horticultura tradicional, entre los cuales podemos citar por la abundancia la alfalfa, cebollas, zanahorias, grelos, sorgo, trigo, calabaza, pimientos, melón,....

Los poblados se reparten en ksours arriba y abajo del talud provocado por la falla que da origen a las fuentes de aguas artesianas que dan recurso a los cultivos. Son los de Laâbidate, Loudaghir, Oulad Slimane, El Maïz, Hammam Foukani y Hammam Tahtani en la parte superior y el poblado de Zenaga en la parte inferior (Vidal, 1897). Esta última es una de las más antiguas poblaciones del conjunto y constituye el corazón o núcleo del mejor palmeral y del más cuidado. El conjunto ha sido declarado Patrimonio de la Humanidad recientemente.

## MATERIAL Y METODOS

Con el fin de construir un SIG (Sistema de Información Geográfica) para la unidad de territorio oasiano se ha delimitado una superficie rectangular definida por un centro en UTM 687000 3553000 extraída como fondo del ortofotograma aéreo vertical de Google Earth<sup>®</sup> ya que se trata de imágenes corregidas y con un mediano poder de resolución, lo suficiente como para poder hacer una cartografía de los usos a un nivel aceptable. Se ha utilizado el software de Catalinx<sup>®</sup> como programa de delineación de polígonos e Idrisi<sup>®</sup> como programa SIG. Los formatos de salida gráfica lo son como ficheros JPGE.



Fig.2. Detalle de una trampa de caída para insectos en uno de los huertos en 2011

Para la primera campaña de 2010 se han muestreado cinco parcelas desde una pequeña extensión hasta superficies de más de 5 ha, aumentando la superficie a través de los huertos anexos de formas irregulares y no idénticas. Vienen representadas en la figura 3 sobre la gran mancha del conjunto de palmeral y tratan de relacionar algunos índices en los insectos con la sostenibilidad rural (ver Paoletti y Martín, 2000). En dichas parcelas se tomó el porcentaje de los diversos cultivos en su ocupación espacial, el terreno abandonado y el terreno preparado para el cultivo. Asimismo fueron consignados y situados los pies de palmera, los pies de árboles frutales y la presencia de albercas y canalizaciones. En cada uno de los “sitios” se dispuso una trampa de caída para insectos y cuyo contenido fue recolectado al cabo de 72 horas.

Para la segunda campaña de 2011, el objetivo se ha centrado en la insistencia de la captura de insectos mediante las trampas de caída en vasos de capacidad 1 l y fondo de etilen-glicol para su conservación. El total de trampas fue de 27 distribuidas aleatoriamente, tanto en el centro del palmeral de Zenaga como en los de Hammam Tahtani y Loudaghir y el tiempo de permanencia fue de 48 horas para todas las trampas. Figura 2.

## RESULTADOS

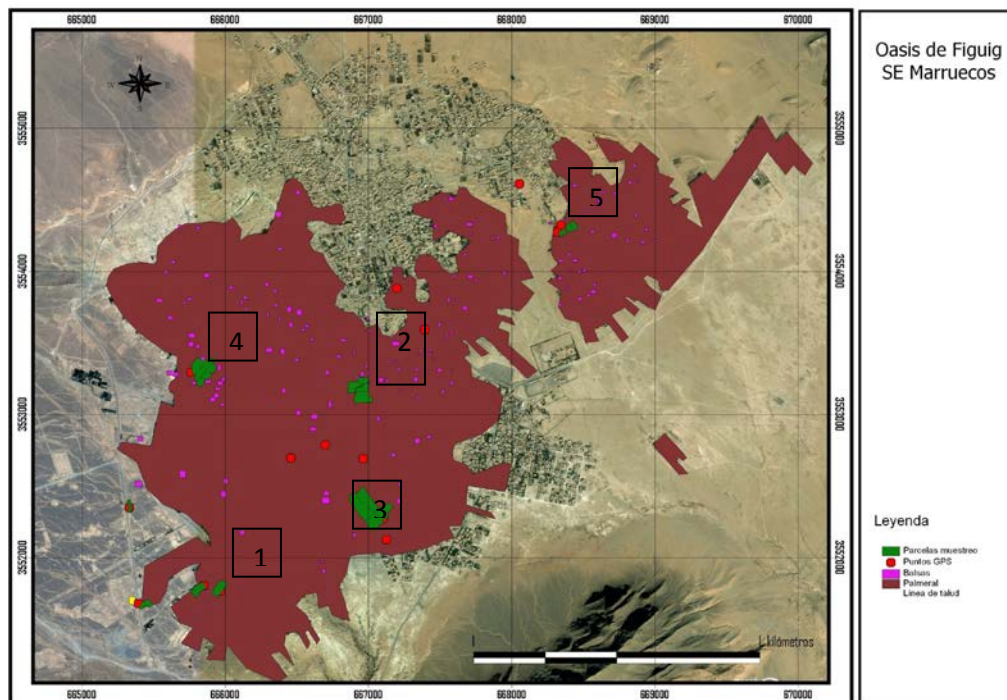


Fig.3. Posición de las parcelas de estudio en la trama del palmeral para la campaña de 2010



Fig.4. Aspecto de unidad de huerto en producción (izq) y huerto abandonado por Bayoud (der)

Para la campaña de 2010 se ha tratado de calcular los índices de diversidad tomando como variable la porción de cada tipo de cultivo dentro de los huertos, en un análisis de creciente superficie, aunque no dio los resultados que se pronosticaban y sin aportar información alguna con cierto grado de coherencia. De todas formas, los índices de diversidad de Margalef y el índice de riqueza específica para las trampas de caída de insectos aparecen en las figuras 5 y 6.

Sin embargo, en la dualidad de afectación o no a la epidemia de Bayoud, los principales índices de diversidad y de riqueza específica por ecotipos de insectos dieron como resultado las siguientes gráficas representadas en la figura 7.

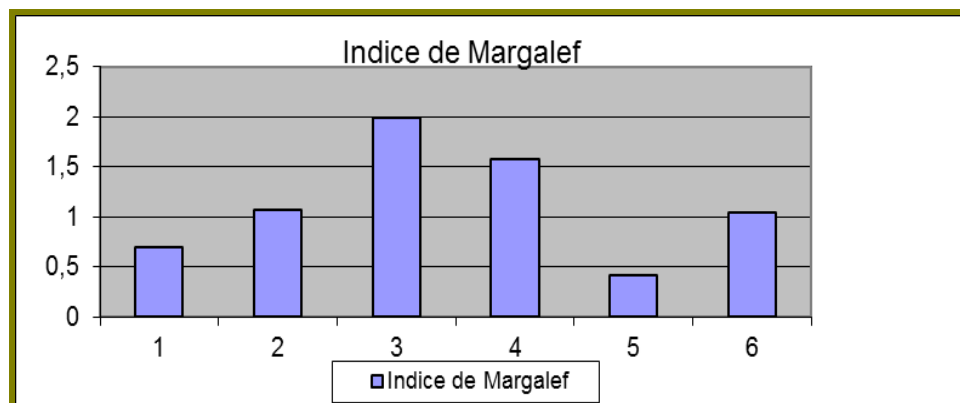


Fig.5. Índice de Margalef de diversidad para insectos en las distintas parcelas agrícolas durante la campaña de 2010

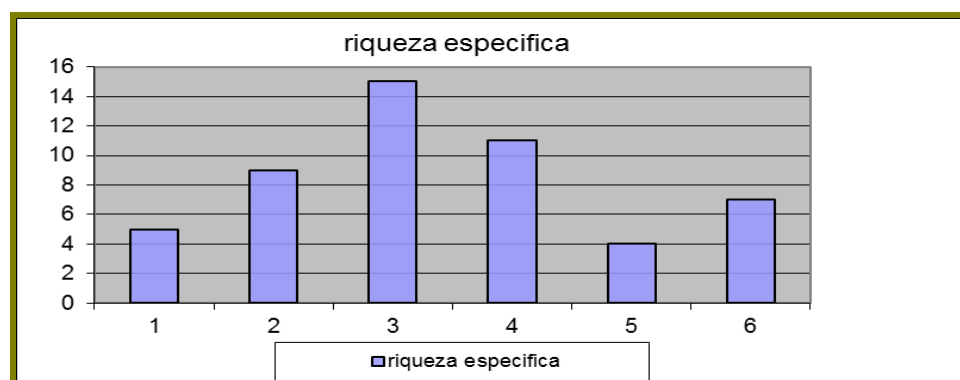


Fig.6. Índice de riqueza específica para insectos en las distintas parcelas durante la campaña de 2010

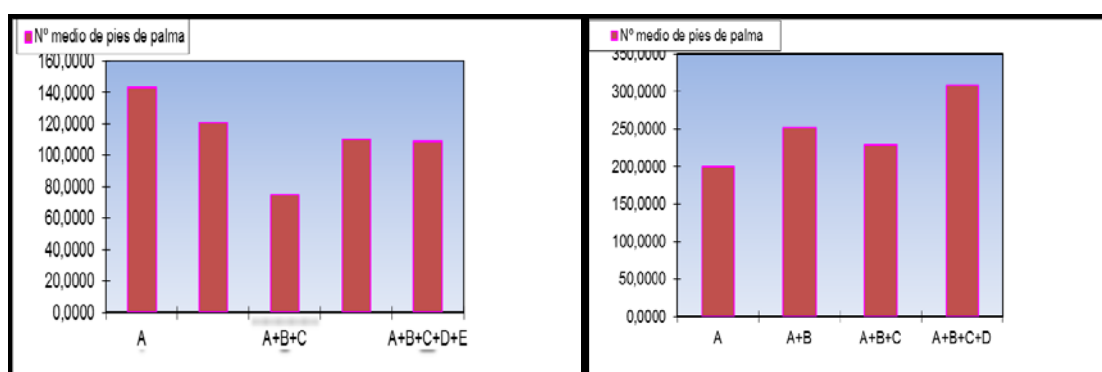


Fig. 7. Número medio de pies de palma en superficies crecientes de huerto afectado por bayoud (der) y sin afección (izq). En ordenadas figura el número medio de pies para los distintos huertos en zona 1 y zona 3 respectivamente.



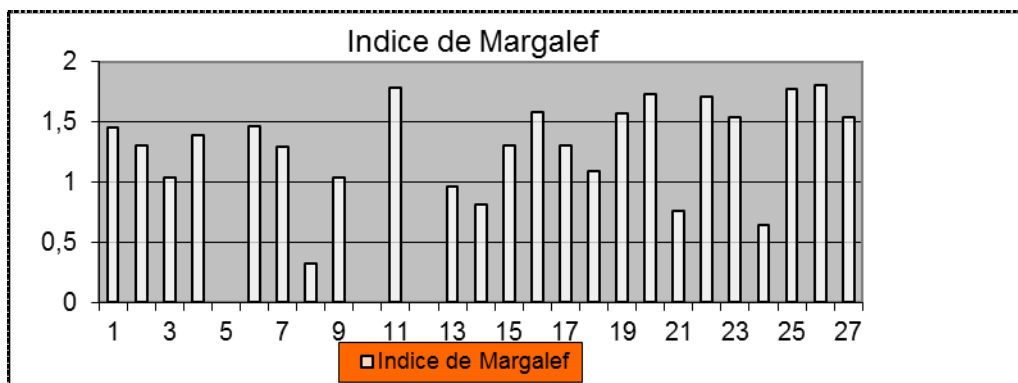


Fig.8. Indices de diversidad de Margalef para las 27 muestras de insectos durante la campaña 2011

Para la campaña de 2012, y con los datos de insectos (un total de 22 ecotipos y 5990 ejemplares) se han elaborado las gráficas que corresponden al cálculo del índice de diversidad de Margalef para cada sitio y de riqueza específica y que aparecen en las figuras 8, 9 y 10.

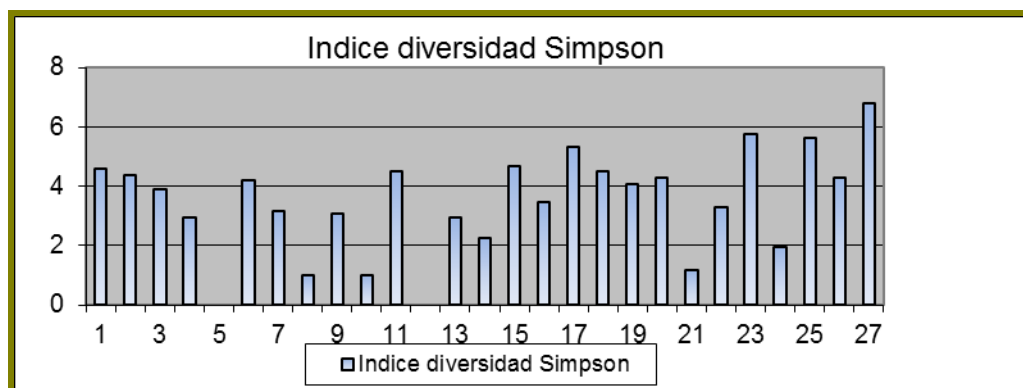


Fig.9. Indices de diversidad de Margalef para las 27 muestras de insectos durante la campaña 2011

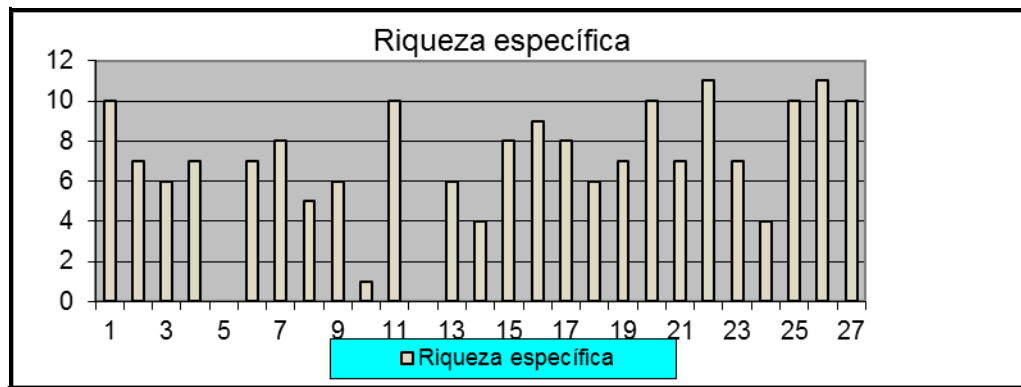


Fig.10. Indices de riqueza específica para las 27 muestras de insectos durante la campaña 2011

Precisamente con estos datos de riqueza y de diversidad y la posición exacta de los puntos de muestreo, se ha procedido a la realización de un “kriging” mediante la aplicación de Idrisi® SURFER y un número de 4 trampas cercanas para el proceso de interpolación y extrayendo los mapas que aparecen en las figuras 11 y 12.

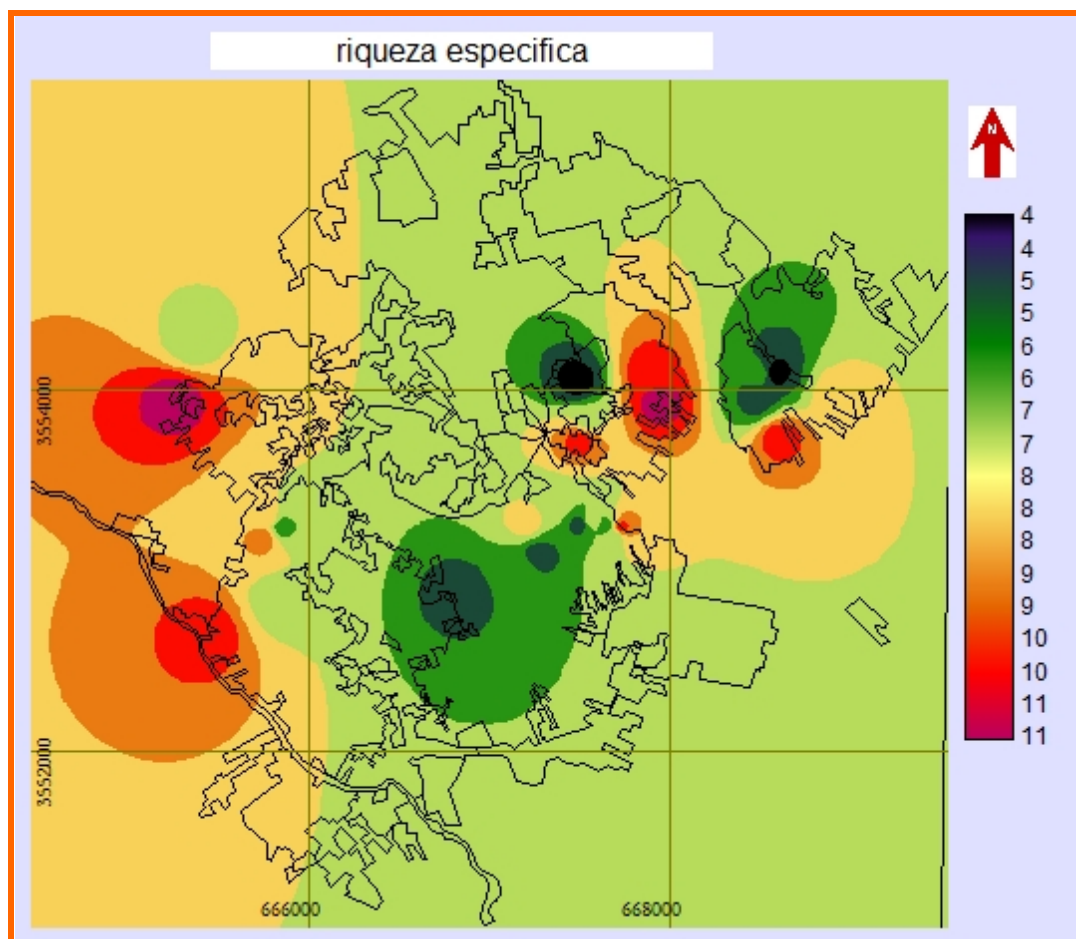


Fig.11. Interpolación de los datos de riqueza específica por ecotipos de insectos a partir de las 27 trampas de caída



Por otra parte, se ha perfeccionado el mapa de usos del territorio oasiano con 7 principales tipos, desde el entorno de desierto que embebe la mancha agrícola, hasta las poblaciones viejas y barrios relativamente nuevos del conjunto, así como la delineación de la red de acequias y balsas, puntos de trampeo y fuentes principales en activo que suman un caudal de hasta 200 l/s (ver fotografía de la fig. 14 del distribuidor de las aguas por el métodos del cupo).

Category	Hectares	Legend
1	150.7	Abandono
2	454.5	Palmeral
3	62.9	Huerto
4	112.3	Urbano viejo
5	187.2	Urbano nuevo
6	1397.9	Entorno
7	10.4	Cauce río

Tabla 1. Distribución de superficies según los usos recreados en la fig. 13

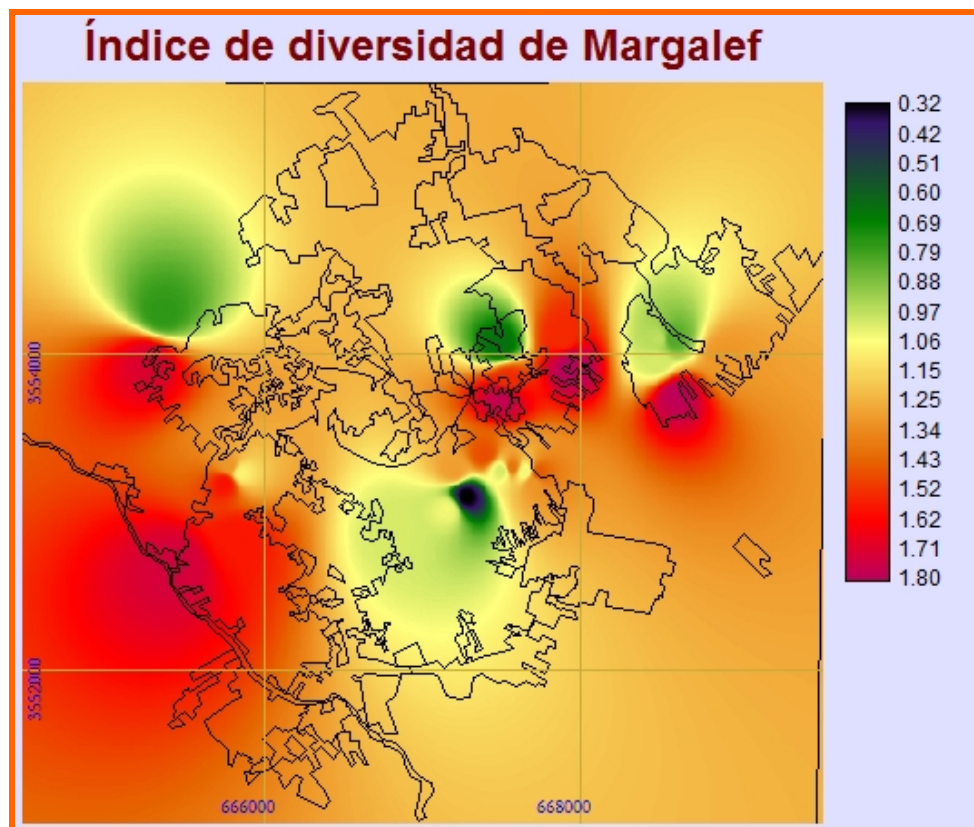


Fig.12. . Interpolación de los datos de índice de diversidad de Margalef específica por ecotipos de insectos a partir de las 27 trampas de caída

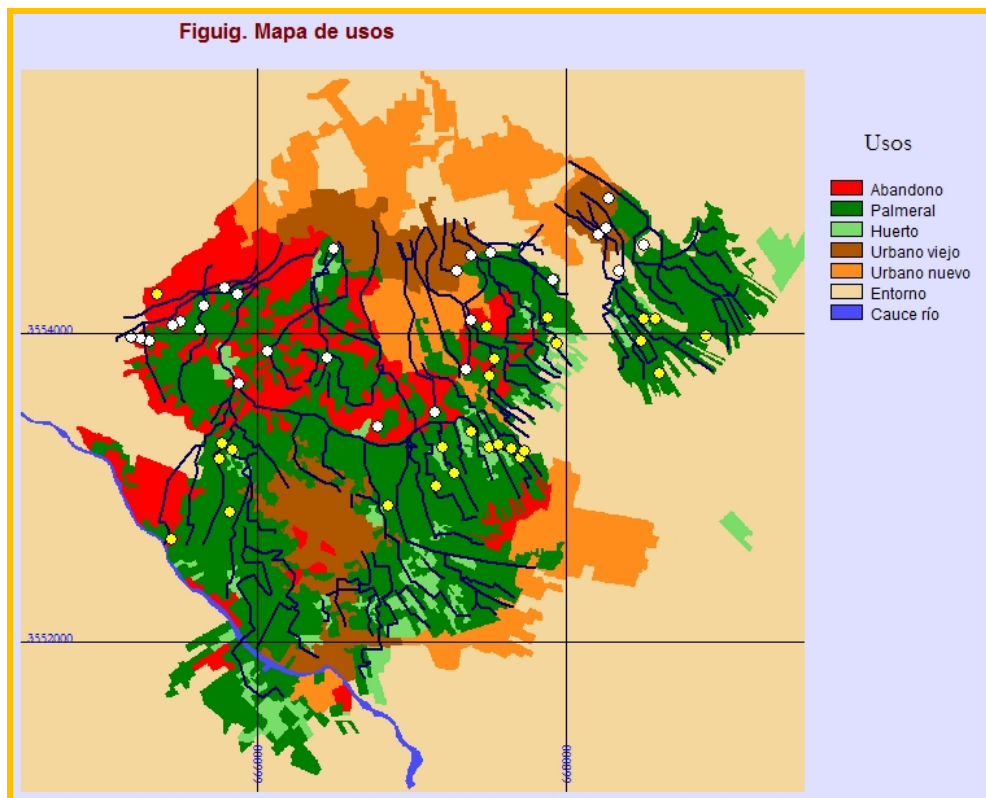


Fig.13. Mapa de usos del territorio con expresión de la red de acequias, fuentes (p.blancos) y muestreos (p.amarillos)



Fig.14. Partidor-distribuidor cerca del talud que acerca las aguas por riguroso orden de cupo a los huertos

## DISCUSIÓN

El oasis de Figuig se encuentra en la actualidad en un punto que podemos calificar como crítico en los sentidos de sostenibilidad, equilibrio agro-biológico, resiliencia, capacidad de prestar servicios, etc,... por diversos motivos entre los que domina la tasa tan grande de emigración de la población que viene dándose desde la década de los 80 del siglo pasado. Al ser un ecosistema tan dependiente de la actividad humana, lógicamente los parámetros que mandan en el mantenimiento en un equilibrio metaestable en muchos sectores del sistema en su conjunto, empiezan a decaer. Si sumamos a las parcelas del abandono intercaladas entre huertos activos la epidemia crónica de bayoud, el problema se acrecienta. Resultado de todo ello es el inicio de un proceso que es el responsable últimos de las pérdidas de riqueza y de diversidad en todos los sentidos: la fragmentación del sistema único de palmeral.

Es por ello que se ha propuesto desde el principio la construcción de un SIG como herramienta que permita analizar meticulosamente los cambios que acaecen en el transcurso del tiempo, con series temporales de realidades distintas en su configuración. Cualquier capa de información pretérita o futura puede superponerse para el análisis y solución, para la propuesta o la síntesis de cuestiones generales o puntuales.

De los resultados que se han expuesto más arriba, cabe destacar que los valores de diversidad y de riqueza mayores se dan en la parcela 3 para la campaña de 2010, una serie de pequeños huertos sin epidemia de bayoud, con muy escaso porcentaje de campo abandonado y con la mayoría de campos en activo.

Interesante es también lo que se puede colegir de la figura 7 en la que se muestra la diferencia en el número de pies por hectárea de palmera en dos casos bien diferentes: un lugar afectado de bayoud y otro sin esta epidemia de hongo. En el primer caso, la media de densidades ronda los 230 pies/ha y en el segundo, alrededor de 110 pies/ha. Muy probablemente las altas densidades favorecen, en igualdad de condiciones epidemiológicas, una mayor oportunidad de contagio (atestiguado por el profesor Hakoo en este mismo volumen), entre otros condicionantes.

De los resultados de la campaña de 2011 en la prospección de insectos y con ayuda de la posición exacta de las 27 trampas, se ha podido confeccionar un mapa de interpolaciones que sitúan manchas de alta riqueza y diversidad en áreas perimetrales coincidentes con una mezcla de huertos cuidados y en plena producción con campos de abandono, mientras que las manchas que marcan los valores más bajos se sitúan en el centro del palmeral, áreas afectadas de bayoud, cerca del poblado de Zenaga y al sur de los barrios de Hammam Tahtani y Hammam Foukani. Parece que el efecto frontera entre palmeral y entorno hostil del ámbito desértico reúne diversos tipos de fauna de artrópodos y eleva los índices trabajados.

## CONCLUSIONES

Los oasis, como ya se ha dicho en este mismo volumen, son sistemas artificiales humano-dependientes y se hace inexplicable su existencia sin esa constante dosis de perturbación antropógena. La cultura, en este casos y en otros muchos, es la responsable del funcionamiento del oasis de Figuig, llevando al equilibrio dinámico un agrosistema que depende del caudal constante del elemento agua. No solamente la cultura agraria, sino toda aquella faceta cultural que arranca de la subsistencia en el aislamiento físico y biológico.

Los fenómenos migratorios que arrancan en la década de los 60 del pasado siglo y que han continuado hasta la actualidad, han puesto en jaque este equilibrio metaestable, ya que han salpicado de huertos abandonados la masa homogénea de palmeras datileras, base del huerto unitario. Esta salpicadura suscita el inicio de la fragmentación del sistema incrementando el efecto frontera, incrementando la *ratio* perímetro/superficie, erosionando las vías de continuidad, bajando la capacidad de percolación del palmeral e iniciando la caída de la riqueza y de la diversidad florística y faunística.

Se hace necesario acometer estudios integrados donde la parte social pueda ser añadida a las diversas capas de información en los últimos 25 años, con diversas instantáneas del abandono para el análisis de las tendencias, ya que el trasfondo social es mucho más importante que el conjunto de las variables físicas, como la cantidad y calidad de las aguas; o las biológicas, como la incidencia del bayoud. Los modos de cultivo y la actividad agrícola o el abandono, realmente podrían modelar el funcionamiento de este oasis.

## BIBLIOGRAFÍA

- BENCHERIFA, A. & H. POPP. 1999. *L'Oasis de Figuig. Persistance et changement*. Série: Essais et études nº3. Publications de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines. Rabat. 109 p.
- CARMONA, J.M. ; PUIGSERVER, D ; CASAS, A. ; MAHIOUB, H. & X.C. LINDES. 2001. *Las carcas del agua subterránea*: Congreso, en memoria de Germán Alfonso Galarza López, Vol. 2, 2001, págs. 639-648.
- EL HACHEMI, O.; EL HALOUANI, H.; MEZIANE, M; TORRENS, A.; SALGOT, M. & M. SBAA. 2012. Étude des performances épuratrices Dans une station de traitement des eaux usées par lagunage en climat désertique (Oasis de Figuig-Maroc) : aspect bactérien et organique. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environm.* Vol. 6 nº1:84-97.
- EL JALAMI, H. 2011. *Community-based water management: the oasis of Figuig. Morocco. Recent Extensions and transformations*. Thesis. Geneva.
- GAUTIER, E.F. 1905. Rapport sur une mission géologique et géographique dans la région de Figuig. *Annales de Géographie*. Vol 14 nº 74: 144-166.
- GAUTIER, E.F. 1917. La source de Thaddert à Figuig. *Annales de Géographie*. Vol 26 . nº 144: 453-466.
- GILLOT, L. and A. DEL. 2011. *Preparation and submission of the nomination file of the oasis of Figuig (Morocco) for inscription on the world heritage list: impacts and uses of a GIS*. Université Denis Diderot, Paris, France, Ecole d'architecture Paris Val de Seine, Paris, France
- PAOLETTI, M.G. and C. MARTÍN. 2000. The use of invertebrates in evaluating rural sustainability. In : B. Ekbom, M. Irwin and Y. Robert (Eds.). *Interchanges of Insects* (33-52). Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- VIDAL de la BLACHE, P. 1897. La zone frontière de l'Algérie et du Maroc d'après de nouveaux documents. *Annales de Géographie*. Vol 6, nº24: 357-363.

